第12卷 第4期 昆虫学报 Vol. 12, No. 4
1963年9月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Sept., 1963

光照及溫度对桃小食心虫（*Carposina niponensis* Walsingham）滞育影响的初步研究*

李秉鈞　吴維均　黄可訓
（辽宁省果树研究所）　（北京农业大学）

摘要　桃小食心虫在辽南苹果产区为二化性兼性滞育害虫。据在熊岳的观察，第一代幼虫通常于7月下旬开始脱果，凡脱果日期愈晚的幼虫，进入滞育的百分率愈高。在中間溫度下，滞育的发生决定于幼虫发育期間昼夜光照时数：在每日光照13小时下发育时，全部滞育，在15小时下发育的，基本不滞育。根据田間第一代幼虫发育期間溫度和日照时数的变化与幼虫滞育百分率进度的关系推算結果，第一代幼虫发生期間的溫度是在光周期反应的适溫范围内，故溫度不是引起滞育的主要因素。推算出来的临界光周期位于14小时50分—14小时13分之間(在熊岳出現該光周期的日期为7月21号左右)。最后，討論了田間第一代幼虫发生期早晚与滞育百分率及第二代发生量的关系：在春季干旱的年份(如1955、1957)，由于第一代幼虫发生期被推迟，滞育百分率提高，从而减少了当年第二代的发生量；相反，在第一代幼虫发生期較正常年份提前的1956年，該代的滞育百分率降低，从而相应增加了第二代的发生量。

近十多年来，世界各国昆虫学工作者在昆虫滞育問題上做了許多工作。Эмме (1953)，Lees (1955) 和 Данилевский (1961) 曾分别总結了有关节肢动物滞育問題的研究成果。

研究指出，温带地区多数植食性昆虫的越冬现象是属于滞育性質的。引起滞育的主要的生态因素是昼夜光照时間、温度、湿度和食料。在自然界中，由于一定地区光照时間的周期性变化規律最为稳定，北半球日照时数縮短，意味着温度的逐漸降低，寄主植物的逐漸衰老。因此，在很多昆虫中，引起滞育的条件中，光照时間常具有更重要的作用。因为这样使昆虫有可能在冬季降临前对一定的短光照条件产生反应而作好滞育的生理准备。正因为光照的縮短和温度的降低是意味着冬季的接近，所以短光照和低温常是引起滞育的主导因素；相反的，长光照及一定的高温則抑制滞育的发生。凡是对光照具有上述反应的昆虫称之为“长日照型昆虫”，大多数昆虫是属于长日照型；反之，称为“短日照型昆虫”，只有极少数的昆虫属于此型(如家蚕的某些宗)。无論长日照或短日照型昆虫对光照时間的反应都有一个临界期，即光照时間超过此临界期后，滞育的反应立即向相反方向表現(由滞育变为不滞育，或相反)。这个临界期在不同种的昆虫，以及同种昆虫的不同地理种羣是不一样的。并且还可以受温度、食料植物等的影响。

大家知道，很多多世代的农业害虫都有产生“局部世代”的現象，所謂局部世代，就是

---

* 本研究是东北食心虫研究組工作的一部分，实驗室工作主要系1957年在辽宁省熊岳进行。此外，还引用了1955及1956年田間种羣发生数量的一些資料。

(本文于1963年3月6日收到)。

指某一世代有一部分个体进入滞育,其他的个体継續发育为下一世代。这种现象称为"兼性滞育"。显然,滞育个体所占百分率的多少,必然影响到下一世代的发生数量,同时也影响到第二年的种羣数量。

食心虫类的滞育問題,在梨小食心虫(*Grapholitha molesta* Busck)和苹果蠹蛾(*Carpocapsa pomonella* Linné)方面做过一定的研究。Dickson(1949)用美国加州的种羣研究了引起滞育的环境因素、幼虫感受光照反应的阶段、光照的最低有效照度等問題。

一、材料及方法

本文所用的材料大致分为以下几方面:

1. 田間不同时期第一代脫果幼虫滞育百分率的調查。包括熊岳 1956 及 1957 二年的材料。方法是分批采集被害果放在气象观测用的百叶箱中,逐日記載脫果幼虫数并观察其滞育虫数。

2. 室內工作主要系在恆温箱中进行(温差为 ± 0.5℃)。光照条件是在恆温箱內安装 25 瓦日光灯一支。定期开閉日光灯以控制所需的每日光照时間。由于幼虫在果內生活,所以温箱中沒有控制湿度。幼虫是用新鮮的国光及紅玉品种的苹果飼养的,将同一天产的虫卵接在果实上,于幼虫入果的当天开始处理。以后逐日收集脫果幼虫,放入置有含水量 10% 的土壤的缸內,在 25℃ 的恆温下观察其滞育虫数。

3. 田間种羣发生期及数量动态的資料包括 1955—1957 年三年的資料,大部分已經发表(黃可訓、吳維均 1961)。

二、試驗結果

田間滞育率 桃小食心虫在辽南苹果产区一年发生一个完整的第一代和一个局部的第二代,以老熟幼虫在土內作扁橢圓形的"冬茧"越冬。一般年份,越冬幼虫于 5 月中旬或下旬开始連續出土,至 7 月中下旬結束。第一代果內幼虫发生期为 6 月中下旬至 8 月底,通常于 7 月中旬开始脫果,至 9 月上旬結束。脫果盛期約在 7 月下旬至 8 月上旬。第二代果內幼虫常自 8 月上旬开始出現,8 月下旬开始老熟脫果,9 月下旬是脫果盛期(黃可訓、吳維均 1961)。

第一代幼虫脫果后,有一部分幼虫即入土作"冬茧"进入滞育,一年只发生一代;其余的幼虫脫果后在地面作紡錘形的"夏茧",从而发生第二代。

根据 1956、1957 二年在熊岳的观察,第一代幼虫脫果愈晚的,进入滞育的百分率愈高(表 1,图 1)。

图 1 系根据表 1 中 1956 和 1957 两年各期的平均滞育百分率作成。

从两年的資料中可見:7 月 25 日前脫果的幼虫,全部不滞育或滞育百分率极低(不到 1%);8 月上旬脫果的,其滞育率未超过 20%;8 月中旬脫果的滞育率由 20% 以上至 80% 多,其中 8 月第四候[1]与第三候的滞育率的差数最大,亦即第四候脫果的幼虫,其滞育率有很大的增高;8 月下旬脫果的全部进入滞育。

1) 每五日为一候。

表 1　桃小食心虫第一代幼虫不同脫果时期进入滞育的百分率(熊岳)

脫果日期	1956 年				1957 年			
(日/月)	平均溫度 (°C)	观察虫数	滞育虫数	滞 育 %	平均溫度 (°C)	观察虫数	滞育虫数	滞 育 %
21—25/VII	25.7	1960	3	0.2	24.2	10	0	0
26—31/VII	27.8	795	17	2.1	23.1	20	2	10.0
1— 5/VIII	27.7	—	—	—	23.6	129	21	16.3
6—10/VIII	27.7	1630	81	5.0	25.2	155	18	11.6
11—15/VIII	22.1	200	46	23.0	24.9	118	40	33.9
16—20/VIII	21.3	70	50	71.4	23.8	87	74	85.1
21—25/VIII	21.4	—	—	—	22.9	123	122	99.2
26—31/VIII	22.2	—	—	—	20.1	127	127	100.0

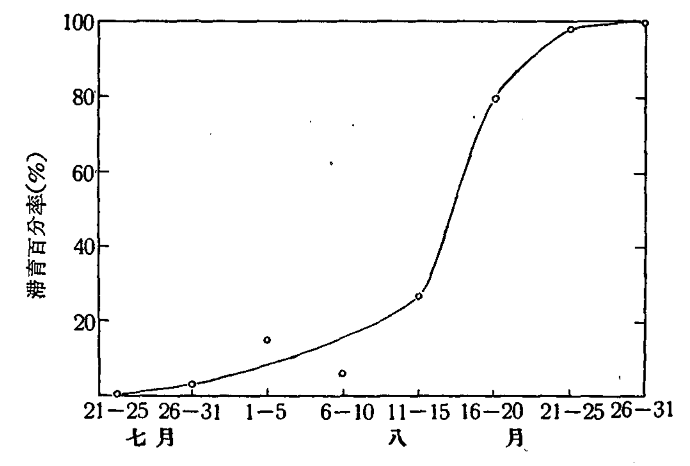


图 1　桃小食心虫田間第一代不同时期脫果的幼虫进入滞育的百分率
(1956 及 1957 年的平均，熊岳)

幼虫在脫果后，一般在 1—2 天內卽在地面結成“夏茧”或入土作“冬茧”。第一代幼虫发育期間的气溫平均为 23°C (表 5)，开始有滞育个体出現时的气溫都在 23°C 以上，这一段时期內的溫度是当地一年中較高的时期，有足够的有效溫度供幼虫継續发育之需。食物条件是比較稳定的。因此，溫度及食料看来不是决定滞育发生的主导因素。

光照时数对滞育的影响　本試驗系在中間溫度下进行，卽在恆溫 25 及 27°C 下，分别給以每昼夜 0 (全部时間黑暗)、13、15、17 及 24 (全部时間在光照下)小时的光照。

根据对第一、二代幼虫試驗結果，在中位溫度下，滞育的发生与否及其百分率的高低决定于每日光照时数的长短，幼虫在每日光照 13 小时下发育的，老熟后全部进入滞育；而在15小时下发育的，仅少数进入滞育，一般不超过 10% (表 2，图 2)。

在全部黑暗条件下发育的幼虫，除第一代試材 27°C 这一处理外，其余的滞育率均在 95% 以上。在苹小食心虫 (*Grapholitha inopinata* Heinrich) 的研究中也发現类似的情况。此虫在 25°C 恆溫，黑暗条件下发育的幼虫，曾获得了 51% 的滞育率(吳維均，1957，未发表材料)。这与 Dickson (1949) 对梨小食心虫 (*Grapholitha molesta* Busck) 的研究結果相反，在梨小食心虫中，黑暗条件下发育的幼虫只有极少数进入滞育。

另一方面，当每日光照时数由 15 小时增至 17 及 24 小时后，幼虫的滞育率也有显著

表 2 在中位温度下，幼虫取食期間不同光照时数对滞育的影响

每昼夜光照时数	25°C			27°C		
	观察幼虫数	滞育幼虫数	滞 育 %	观察幼虫数	滞育幼虫数	滞 育 %
第 一 代						
0	71	69	97.2	105	35	33.3
13	26	26	100.0	48	47	97.9
15	29	2	6.9	39	3	7.7
17	14	2	14.3	37	13	35.1
24	57	41	71.9	31	12	38.7
第 二 代						
0	27	26	96.3	37	15	94.6
13	32	32	100.0	18	18	100.0
15	25	6	24.0	22	2	9.1
17	38	35	92.1	32	28	87.5
24	88	82	93.2	15	11	73.3

的增加。在連續光照条件下，有些处理甚至达到 90% 以上的滞育率。所以在每日 17 小时以上的光照下飼养幼虫，并不能抑制幼虫的滞育。这与 Dickson (1949) 在梨小食心虫及吳維均(1957)在苹小食心虫中的研究結果也不相同，这两个种在 14 及 15 小时以上光照条件下(直到 24 小时)发育的幼虫基本上都沒有发生滞育。

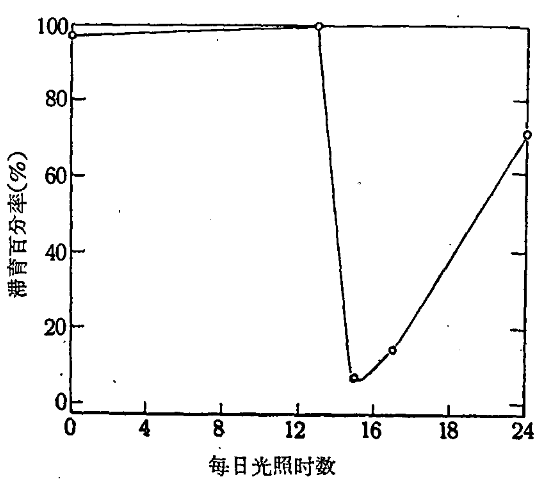


图 2 桃小食心虫幼虫在 25°C 下，每日光照时数与滞育率的关系

从上述的研究結果看来，桃小食心虫滞育的光照临界期应在每日 13—15 小时的光照期之間。在沒有光照条件及每日光照 17 小时以上的条件下，滞育率都有不同程度的增加，甚至增至 90% 以上。

温度对滞育的影响 試驗分为二个項目，一是全暗条件下（检查时有短时的露光），不同温度对第一代幼虫滞育的影响（表 3）。一是較低温度下，不同光照时数对滞育的影响(表 4)。

在全暗条件下飼养幼虫(表 3)，温度与滞育有一定关系，当温度在 15—25°C 范围內，幼虫老熟后基本上全部进入滞育；温度超过 25°C，滞育率显著減少，在 34°C 下仅有 9% 的幼虫进入滞育。另一方面，当温度接近发育起点时，約有 1/3 的个体不产生滞育。

从表 4 中可見，在較低温度下发育的幼虫，光照时数对滞育影响的趋势与中間温度下基本一致。值得注意的是，比較表 2 及表 4 的資料，卽可看出：温度的降低能在一定程度上“限制”长光照抑制滞育的作用，或相反的，“促进”短光照引起滞育的作用。換句話說，也就是低温結合短光照都是引起滞育的条件，高温結合一定的长光照更能抑制滞育的发生。

表 3　全暗条件下，不同温度对桃小食心虫滞育的影响

温度(℃)	观察虫数	滞育虫数	滞育 %	温度(℃)	观察虫数	滞育虫数	滞育 %
12	11	7	63.6	25	71	69	97.2
15	38	37	97.4	27	142	70	49.3
18	28	28	100.0	30	25	5	20.0
21	91	91	100.0	32	13	4	30.8
23	40	40	100.0	34	11	1	9.1

表 4　在較低温度下，幼虫(第一代)取食期間不同光照时数对滞育的影响

每昼夜光照时数	18℃			22℃		
	观察幼虫数	滞育幼虫数	滞育 %	观察幼虫数	滞育幼虫数	滞育 %
0	53	53	100	18	18	100
13	51	51	100	27	27	100
15	67	45	67.2	67	35	52.2
17	31	26	83.9	73	37	50.7
24	34	34	100	99	90	90.9

自然界中光照与滞育的关系　Dickson (1949) 指出，梨小食心虫幼虫感受光照反应的时期主要是在取食的前半期。根据表 1 材料，我們可以往前推算出不同时期脫果幼虫的发育期間的日照时数及温度条件。

前已指出，第一代幼虫通常于 6 月中下旬开始发生，現将熊岳（北緯 40°10′，东經 122°11′）6 月 20 日以后各候日照时数及 1956、1957 二年的候平均温度列于表 5。

表 5　熊岳地区第一代幼虫发生期間每候日照时数及 1956、1957 年的候平均温度

日/月	气温(℃)		日照时数[1)] (时:分)	日/月	气温(℃)		日照时数[1)] (时:分)
	1956	1957			1956	1957	
21—25/VI	20.7	22.1	14:58	1—5/VIII	27.7	23.6	14:13
26—30/VI	19.4	25.0	14:57	6—10	27.7	25.0	14:03
1—5/VII	22.7	22.5	14:55	11—15	22.1	24.9	13:52
6—10	22.6	22.5	14:52	16—20	21.3	23.8	13:41
11—15	25.6	23.7	14:46	21—25	21.4	22.9	13:29
16—20	25.6	23.9	14:40	26—31	22.1	20.9	13:17
21—25	25.7	24.2	14:33				
26—31	27.1	23.1	14:25	平均	23.69	23.37	—

1) 北緯 40° 每候第一天日出至日落間的时数。

由此可見，第一代幼虫发生期間的平均气温为 23℃。根据我們在室內恆温下的研究，在 23℃ 下，果內幼虫发育期平均为 25 天，田間調查結果，第一代幼虫平均发育期也是 24 天左右。如果內幼虫发育期以 25 天計，并假定前 15 天的日照条件对滞育有决定的作用，則可据此推算出不同时期脫果幼虫在其幼虫期的前 15 天內所接受的日照时数(表 6)。

由此可見，在第一代幼虫通常发生期間（中/VI—下/VIII），日照时数由 14:58 減少

表 6　不同时期脫果幼虫在其幼虫期的前 15 天內所接受的日照时数与滞育的关系

脫果时期 (日/月)	早龄幼虫(前 15 天)发育的时期(日/月)	早龄幼虫(前 15 天)发育期間的日照时数	滞育率[1] (%)
21—25/VII	26/VI—6/VII	14:57—14:52	0.2
26—31/VII	1—11/VII	14:55—14:46	2.3
1— 5/VIII	6—16/VII	14:52—14:40	16.3
6—10/VIII	11—21/VII	14:46—14:33	5.5
11—15/VIII	16—26/VII	14:40—14:25	27.0
16—20/VIII	21/VII—1/VIII	14:33—14:13	79.0
21—25/VIII	26/VII—6/VIII	14:25—14:03	99.2
26—31/VIII	1—11/VIII	14:13—13:52	100.0

1) 表 1 中二年的平均。

到 13:52，只有 1 小时的差别。在此时期內，幼虫期前 15 天处于接近每日 15 小时日照条件下发育的，脫果后全部不滞育，而处于 14:13 下发育的，脫果后全部进入滞育。这与控制条件下所得到的結果是符合的。在每天日照为 15 小时至 14:13 間发育的，其滞育率随日照的縮短而增加。

綜观第一代幼虫发生期間的溫度条件(表 5)接近于中間溫度，变幅亦不大，显然对滞育不会起重要的作用。因此，在自然条件下引起桃小食心虫第一代幼虫滞育的生态因子是幼虫发育期間日照时数而不是溫度。其临界期約位于 14:50—14:13，如以 14:30 計，在熊岳出現該日照时数的日期为 7 月21日左右(图 3)。

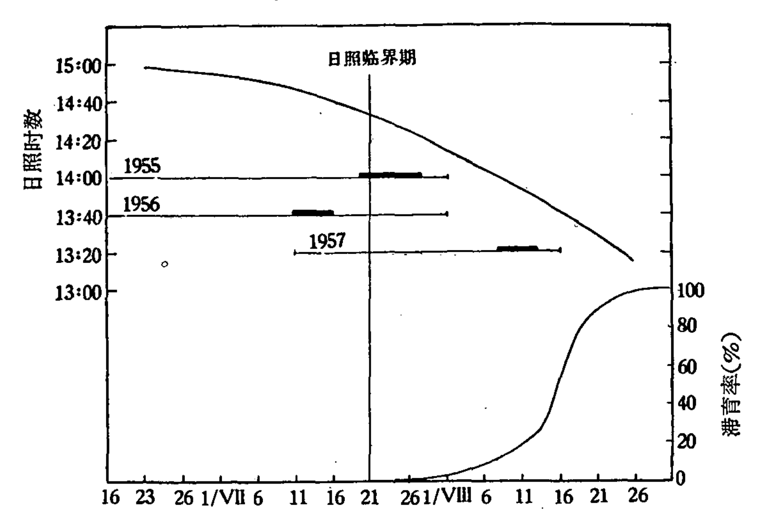


图 3　桃小食心虫在熊岳田間滞育率与自然日照时数的关系及三年第一代卵发生期(粗短綫处为盛期)早晚的比較

三、討　論

对于桃小食心虫滞育原因的了解，在实践上有其重要的意义。首先，第一代幼虫发生期的早晚，必然影响其脫果后进入滞育的数量，从而影响到第二代的发生数量及越冬基数。

我們在工作中見到，桃小食心虫第一代发生期在不同年份有較大的变化，在很大程度上决定于 5 月中下旬至 6 月下旬間的降雨对越冬幼虫出土速率的影响。在辽南一般年份，第一代幼虫脫果盛期是在 7 月底至 8 月上旬，这时脫果幼虫的滞育率一般不超过20％（表 6），但在春季特殊干旱或 6、7 月气温較低的年份，由于第一代幼虫发生期的推迟，这样就会提高第一代的滞育率，从而減少了第二代种羣发生量，进而影响到当年的越冬量。可以設想，当第一代滞育率很低，而环境条件又有利于第二代的成活时，必然会大大增加越冬数量。反之，如环境条件不利于第二代的成活时，則有可能大大減少越冬数量。

据此，我們分析了熊岳 1955—1957 三年內第一代卵的发生时期，及第一、二代卵的数量比例（表 7）。

表 7　1955—1957 年第一代卵的发生期及第一、二代卵的数量比例（熊岳）

年份	越冬幼虫出土高峯期	第一代卵发生期		百果着卵数		第一、二代卵的比例
		起—止[1]	最盛期	第一代	第二代	
1955	17/VI	15/VI—31/VII	23/VII 左右	102.0	64.0	1:0.63
1956	6/VI	16/VI—31/VII	13/VII 左右	6.5	20.1	1:3.10
1957	9/VII	11/VII—16/VIII	11/VIII 左右	4.3	1.1	1:0.26

1）由于第一、二代卵重迭，故結束日期系估計的日期。

1955 年由于 6 月中旬前比較干旱（16/V—15/VI 共降雨 36.3 毫米），越冬幼虫出土高峯較常年晚，第一代卵发生盛期也相应的晚，所以第二代的卵发生量不如第一代多（0.63:1）。

1956 年同期降雨量达 85.5 毫米，幼虫出土高峯較常年提早。第一代卵高峯提前到 7 月 13 日出現，該年第二代卵数量比第一代大得多（3.1:1）。

1957 年是特殊干旱年，5 月中旬至 7 月 5 日仅降雨 7.8 毫米，連續干旱达二个月之久，該年越冬幼虫出土盛期一直延迟到 7 月 10 日左右，較一般年份推迟了約一个月。故第一代卵发生期特晚，数量极少。第二代卵的数量仅为第一代的四分之一左右。

应該指出，第一、二代卵发生量之比并不完全决定于第一代幼虫滞育率的高低，显然两代卵間各虫期还受环境条件的影响。但第二代的发生量无疑在很大程度上是与当年第一代幼虫的发生早晚及由此而造成的滞育率的高低有关的。

参　考　文　献

黄可訓、吳維均，1961。桃小食心虫的研究与防治。中国植物保护科学，第 848—74 頁。1961，科学出版社。

Dickson, R. C., 1949. Factors governing the induction of diapause in the Oriental fruit moth. *Ann. ent. Soc. Amer.*, **42**(4):511—37.

Lees, A. D., 1955. The physiology of diapause in arthropods. Cambridge Univ. Press, 150 pp.

Данилевский, А. С. 1961. Фотопериодизм и сезонное развитие насекомых. Изд. Ленингр. Унив., 243 стр.

Эмме, А. М., 1953. Некоторые вопросы теории диапаузы насекомых. Усп. Совр. Биол., **35**(3): 395—424.

A PRELIMINARY STUDY ON THE EFFECT OF PHOTOPERIOD AND TEMPERATURE ON THE INDUCTION OF DIAPAUSE IN THE PEACH FRUIT BORER (*CARPOSINA NIPONENSIS* WALSINGHAM)

LEE, P. C.
(*Liaoning Fruit Research Institute*)

WOO, W. C. & HWANG, K. H.
(*Peking Agricultural Institute*)

1. The percentage of diapause under field conditions.

The peach fruit borer, *Carposina niponensis* Walsingham, has a complete first generation and a partial second generation annually in Liaoning province, the major apple-growing district in China. It passes the winter as full-grown larva encased in a thick, elliptical cocoon under ground.

A record of two years' (1956—1957) observation in Hsiung-yao (40°10′N) on the occurrence of diapause is shown in table 1. The data show that the later the larvae emerged from the fruits, the greater the proportion of the larvae entering diapause. Larvae that emerged before July 21 never entered diapause; of those that emerged from July 26 to August 16 not over 20 per cent had gone into diapause; those that emerged from August 16 to August 20 had a diapause rate increasing sharply up to 80 per cent; and those that emerged in end of August all entered diapause.

2. Effect of the length of daily photoperiod on the induction of diapause.

The influence of the photoperiod on the induction of diapause is dominant at medium temperatures. Almost 100 per cent of the larvae grown at medium temperatures (25° and 27°C.), with 13 hours illumination per day, entered diapause; but only a small proportion of the larvae grown at the same temperature, with 15 hours illumination per day, entered diapause (usually not over 10 per cent).

Table 2 shows that most of the larvae grown under complete darkness entered diapause. The only exception to this is the result concerning larvae of the first generation at 27°C.

The same table shows that as the photoperiod increased from 15 hours up to 17 and 24 hours per day, the percentage of the larvae entering diapause increased accordingly.

From the results shown in table 2, it is apparent that the critical photoperiod lies between 13 and 15 hours of illumination per day.

3. The effect of temperature on diapause.

For the larvae grown in complete darkness, the effect of temperature in inducing diapause is shown in table 3. Experimental data show that when the larvae were held at 15°, 18°, 21°, 23° and 25°C., almost 100 per cent of them entered diapause; when the temperature was over 25°C., the proportion entering diapause decreased sharply; and under 34°C., the percentage of diapause dropped to 9 per cent. On the other hand, when the larvae were held at 12°C., about one third of them would not enter diapause. Experimental data again show that the effect of the duration of illumination per day

on the induction of diapause of the larvae which were held at low temperatures (18° to 22°C.) were practically the same as at medium temperatures (25° and 27°C.).

4. The relationship between the length of photoperiod and diapause under natural conditions.

According to an analysis of the relationship between the change of day length which occurred in the larval growth season of the first-generation and the proportion of larvae entering diapause at different dates, it is concluded that under natural conditions, the length of day plays a dominant rôle in determining which individuals of the full fed larvae will enter diapause. The average atmospheric temperature was 23°C. at that time (Table 5); and it seemed to have no effect on the induction of diapause. The critical photoperiod for the induction of diapause in natural conditions will be 14:50 to 14:13 hours of light per day (Table 6).

Figure 3 shows the change of day length (hours) and date of critical photoperiod in the first-generation larval growth season at Hsiung-yao. Owing to the fact that the incidence of diapause in the first-generation was markedly influenced by the timing of the light-sensitive larval stage in relation to the critical date, figure 3 also illustrates a comparison between the first-generation oviposition periods of three different years. In the year 1956, nearly all the first-generation eggs were deposited before the critical photoperiod date, probably only a small proportion of the first-generation larvae entering diapause. Accordingly, a greater number of the second-generation eggs were laid when compared with the first-generation (1:3.1). In the year 1957, the exceptionally dry spring greatly delayed the emergence period of the overwintering larvae, and the majority of the first-generation eggs were deposited after critical photoperiod date; therefore the number of second-generation eggs laid was only 26 per cent as compared to those of the first-generation (Fig. 7).